PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 3. 14. October 1899. 1. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen.
H. A. Lorentz, Zur Theorie des Zeemaneffektes. S. 39.
L. Rhumbler, Über eigentümliche spirale Sprungfiguren in Hühnereiweiss, welches auf einer festen Unterlage eingetrocknet ist. S. 41.
F. Giesel, Nachtrag zu meinem Aufsatz: Über Radium und Polonium. S. 43.

Vorträge etc.
L. Rhumbler, Physikalische Analyse und künstliche Nachahmung des Chemotropismus amoeboider Zellen. S. 43.

Vorträge und Discussionen von der 71. Naturforscherversammlung zu München:
1. J. Klemenčič (Innsbruck), Ein Versuch über das Mitschwingen, nach Boltzmann. S. 47.
2. E. Englisch (Stuttgart), Über den zeitlichen Verlauf der durch das Licht verursachten chemischen Veränderungen der Bromsilbergelatine. S. 47.
3. J. Precht, Die chemische Wirkung der Röntgenstrahlen. S. 48.

Briefkasten. S. 48.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Zur Theorie des Zeemaneffektes.

Von H. A. Lorentz.

Den theoretischen Betrachtungen über die Änderungen, welche die Spektrallinien unter dem Einflusse eines magnetischen Feldes erleiden, lassen sich zwei verschiedene Formen geben. Man kann entweder sich auf ein einziges leuchtendes Teilchen beschränken, und mittels gewisser Voraussetzungen die Bewegungsgleichungen für seine freien Schwingungen aufstellen, oder aber von vornherein ein ganzes System leuchtender Moleküle, wie es in einer Flamme oder sonst einer Lichtquelle vorliegt, der Untersuchung unterwerfen.

Den zuerst genannten Weg habe ich in verschiedenen Arbeiten eingeschlagen. Nimmt man an, dass jedes Molekül ein einziges bewegliches Ion enthält, und dass dieses bei seiner Bewegung im Magnetfelde einer Kraft unterworfen ist, die in bekannter Weise von der Geschwindigkeit und der magnetischen Kraft abhängt, so gelangt man in einfacher Weise zu den Triplets, die Zeeman entdeckt hat und die in der Mehrzahl der untersuchten Fälle existieren.

Es war natürlich erwünscht, die Theorie, so weit das ging, von der genannten speciellen Voraussetzung über den Bau eines leuchtenden Teilchens unabhängig zu machen. Zunächst lässt sich völlig allgemein aus Betrachtungen über die Symmetrieverhältnisse ableiten [1]), dass das in der Richtung der Kraftlinien ausgestrahlte Licht von irgend einer bestimmten Wellenlänge nur entweder unpolarisiert, oder vollständig resp. zum Teil, rechts oder links cirkular polarisiert sein kann. Desgleichen, dass man es bei der Beobachtung senkrecht zu den Kraftlinien, wenn überhaupt mit polarisiertem Licht, nur mit einer geradlinigen Polarisation, vollständig oder partiell, zu thun haben kann, und dass dabei die Polarisationsebene parallel oder senkrecht zu den Kraftlinien liegen muss.

Indem ich mir ein leuchtendes Teilchen als ein System vorstellte, das unendlich kleine Schwingungen um eine Lage stabilen Gleichgewichts ausführen kann, untersuchte ich weiter [1]), welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit sich ein reines Triplet ergebe. Diese Bedingungen bestehen darin, dass es unter den fundamentalen Schwingungsformen des Systems drei geben muss, für welche, ausserhalb des magnetischen Feldes, die Schwingungszeit dieselbe ist, dass also, wie man sagen kann, drei äquivalente Freiheitsgrade existieren, und dass ausserdem das System in gewissem Sinne isotrop sein muss. Es darf nämlich der Einfluss des magnetischen Feldes auf die Perioden nicht von der Orientierung des Systems im Felde abhängen.

Indessen zeigten die weiteren Beobachtungen, dass das Triplet nur eine besonders einfache Form des Phänomens ist. Cornu entdeckte bei einer der D-Linien das bekannte Quadruplet, und andere Forscher fanden noch kompliziertere Zerlegungen der Spektrallinien.

Diese neuen Erscheinungen bereiteten der Theorie erhebliche Schwierigkeiten, die bis jetzt noch keineswegs überwunden worden sind. Zwar muss, wie Hr. Pannekoek zuerst bemerkte [2]), bei leuchtenden Teilchen mit mehr als drei äquivalenten Freiheitsgraden eine Zerlegung der Spektrallinien in ebenso viele Komponenten stattfinden, und werden diese Komponenten auch ebenso scharf wie die ursprüngliche Linie

1) Lorentz, Proceedings Academy of Amsterdam. Vol. I, S. 90.

1) Lorentz, Wied. Ann. Bd. 63, S. 278.

2) Lorentz, Proceedings Academy of Amsterdam. Vol. I, S. 96.

sein, wenn der obengenannten Bedingung der Isotropie genügt wird, aber damit ist die Frage noch nicht erledigt. In Verfolgung dieses Gedankens habe ich die Schwingungen kugelförmiger, elektrisch geladener Systeme [1]), speciell die Schwingungen höherer Ordnung, näher untersucht. Hier treten nun wirklich Änderungen der Schwingungszeiten auf, wie sie den komplizierteren Formen des Zeemaneffektes entsprechen, allein ich stiess auf eine neue Schwierigkeit. Wenn eine Kugelschale, über welche eine elektrische Ladung gleichmässig verteilt ist, eine der höheren Schwingungen ausführt, so teilt sie sich durch Knotenlinien in Felder mit verschiedener Bewegungsrichtung, und aus diesem Grunde ist sie nicht fähig, eine beobachtbare Lichtmenge auszustrahlen. Ich war daher genötigt, zu einer neuen Hypothese zu greifen. Ich erinnerte daran, dass, wie V. A. Julius es schon vor vielen Jahren ausgesprochen hatte [2]), die Gesetzmässigkeiten in dem Baue vieler Spectra auf die Existenz von Kombinationsschwingungen (Summations- und Differenzschwingungen) hinzuweisen scheinen, und zeigte, dass man durch geeignete Kombination der Schwingungen verschiedener Ordnung zu neuen Schwingungen gelangt, die wirklich zu einer Lichtausstrahlung Anlass geben können und bei welchen zu gleicher Zeit eine Zerlegung in mehr als drei Komponenten stattfinden muss.

Freilich wurde die Theorie in dieser Weise sehr verwickelt und konnte sie um so weniger befriedigen, als es nicht gelang, die von derselben angezeigten multiplen Linien mit den in irgend einem Falle beobachteten, etwa mit dem Cornuschen Quadruplet, vollkommen zu identifizieren.

Die zweite der obengenannten Betrachtungsweisen hat zuerst Voigt [3]) gewählt. Dieser Physiker hat indessen nicht direkt die Emission des Lichtes, sondern die Absorption desselben untersucht. Er hat nämlich in die für einen absorbierenden Körper geltenden Bewegungsgleichungen gewisse Zusatzglieder aufgenommen, welche den Einfluss einer äusseren magnetischen Kraft darstellen sollen, und deren Gestalt der auch von mir angenommenen Wirkung dieser Kraft auf bewegliche Ionen entspricht. Was Voigt nun aus seinen Gleichungen ableitet, das ist der Zeemaneffekt bei den Absorptionslinien, oder, wie er sagt, der inverse Zeemaneffekt. Dieser ist in einigen Fällen auch wirklich beobachtet worden, und auf Grund des Parallelismus zwischen Emission und Absorption wird man immer aus den Beobachtungen über den direkten Effekt auf die Existenz des inversen Effektes, und umgekehrt, schliessen dürfen.

Jede der beiden im obigen besprochenen Erklärungsweisen hat, wie mir scheint, ihre Vor- und Nachteile.

Was die zweite betrifft, so erinnere ich an den durch dieselbe angezeigten Zusammenhang zwischen dem Zeemanschen und dem Faradayschen Phänomen und an die weiteren schönen, und durch die Beobachtung bestätigten Folgerungen, die Voigt aus seinen Gleichungen gezogen hat. Überhaupt gestattet nur die zweite Methode die Behandlung von Fragen, in denen es auf die Breite der Spektrallinien ankommt.

Ein schöner Fortschritt wäre es, wie mir scheint, wenn eine ähnliche Theorie wie für die Absorption nun auch direkt für die Emission entwickelt werden könnte.

Werden bei zunehmender Verdünnung eines Gases die Spektrallinien sehr fein, so stehen die Ergebnisse der Voigtschen Theorie in voller Übereinstimmung mit meinen Betrachtungen über die Schwingungen einzelner Moleküle. Poincaré hat dieses bestritten [1]) und die Meinung geäussert, es könne aus ähnlichen Formeln wie die von Voigt zwar das in der Richtung der Kraftlinien beobachtete Doublet, nicht aber das Triplet abgeleitet werden. Diese Behauptung scheint mir, wie ich an einer anderen Stelle auseinandergesetzt habe [2]), unstatthaft zu sein. Die Vernachlässigung eines gewissen Gliedes in einer der Gleichungen [3]) von Poincaré ist nicht mehr erlaubt, sobald die Spektrallinie fein genug ist, um in ein deutliches Doublet verwandelt zu werden; behält man aber das Glied bei, so ergiebt sich für die Ausstrahlung senkrecht zu den Kraftlinien ein ebenso deutliches Triplet.

Es dürfte übrigens wohl kaum zweifelhaft sein, dass die von einem Gase ausgehende Emission schliesslich bei fortgesetzter Verdünnung unabhängig von der Wechselwirkung der leuchtenden Teilchen werden muss; dann müssen aber auch die Resultate der beiden erwähnten Auffassungsweisen auf dasselbe hinauskommen. Annahmen, die bei der einen Betrachtungsweise gemacht werden, müssen sich dann auch in die andere übertragen lassen. Auf diesem beschränkten Gebiete der Emission sehr verdünnter Gase möchte ich nun die direkte Betrachtung der einzelnen Moleküle der anderen Theorie vorziehen, weil sie einfacher und übersichtlicher ist, und uns die Bedeutung der eingeführten Annahmen klarer vor Augen treten lässt.

1) Ibid. Vol. I, S. 340.

2) V. A. Julius, De lineaire spectra der elementen. Verh. d. Akad. v. Wet. te Amsterdam, Bd. 26.

3) Voigt, Göttinger Nachrichten, 1898, Heft 4, S. 329; Wied. Ann., Bd. 67, S. 345.

1) Poincaré, Éclairage Électrique, Bd. 19, S. 5.

2) Lorentz, Proceedings Academy of Amsterdam. II, S. 52.

3) Nämlich des Gliedes $\varepsilon_k \alpha \frac{d Z_k}{d t}$ in der Gleichung (6), S. 8.

Es sei mir gestattet, dieses noch an einem Beispiele zu erläutern. Voigt hat vor kurzer Zeit[1]) einen sehr beachtenswerten Erklärungsversuch für die komplizierteren Formen des Zeemaneffektes, zunächst für das Cornusche Quadruplet, veröffentlicht. In demselben benutzt er wieder, ebenso wie früher, die Gleichungen für absorbierende Körper, fügt aber denselben einige neue Glieder hinzu. Man kann nun in meiner Theorie in ähnlicher Weise verfahren, und zwar wie folgt.

Es sei, in dem betrachteten Molekül, ζ_1 die Verschiebung des beweglichen Ions in der Richtung der z-Achse, und es möge diese Verschiebung, so lange noch kein magnetisches Feld existiert, durch die Differentialgleichung

$$(1) \qquad \zeta_1 + b\frac{d^2\zeta_1}{dt^2} = 0$$

mit konstantem positivem b, bestimmt werden.

Um nun zu erklären, wie die mittlere Komponente eines Zeemanschen Triplets in zwei Linien zerfallen kann, sodass ein Quadruplet entsteht, nehmen wir an, es könne in dem Molekül noch eine zweite Störung des Gleichgewichtes stattfinden, die sich ebenfalls durch einen gewissen Vektor ζ_2, in der Richtung der z-Achse darstellen lässt. Dieser Vektor genüge, wenn keine magnetische Kraft existiert, der Gleichung

$$(2) \qquad \zeta_2 + b\frac{d^2\zeta_2}{dt^2} = 0.$$

Den Koefficienten in dieser Gleichung setzen wir jenem in (1) gleich, damit die periodischen Änderungen von ζ_1 und ζ_2 mit gleicher Frequenz geschehen mögen, und denselben also nur eine einzige Spektrallinie entspreche. Es möge nun ein magnetisches Feld in der Richtung der z-Achse erregt werden, und es möge dadurch zwischen ζ_1 und ζ_2 eine gewisse Verbindung entstehen, die sich in der Weise ausdrücken lässt, dass man in (1) das Glied $\alpha\zeta_2$, und in (2) das Glied $\alpha\zeta_1$ aufnimmt, beide mit demselben von der magnetischen Kraft herrührenden Koefficienten α.

Die Gleichungen sind dann

$$\zeta_1 + \alpha\zeta_2 + b\frac{d^2\zeta_1}{dt^2} = 0$$

$$\zeta_2 + \alpha\zeta_1 + b\frac{d^2\zeta_2}{dt^2} = 0.$$

Man kann denselben genügen, einmal indem man $\zeta_2 = \zeta_1$ setzt, und dann mittels der Annahme $\zeta_2 = -\zeta_1$. Die Schwingungsdauer wird in diesen Fällen

$$2\pi\sqrt{\frac{b}{1+\alpha}} \text{ und } 2\pi\sqrt{\frac{b}{1-\alpha}},$$

oder, wenn α sehr klein ist,

$$2\pi(1-\tfrac{1}{2}\alpha)\sqrt{b} + \text{ und } 2\pi(1+\tfrac{1}{2}\alpha)\sqrt{b}.$$

Dies wären die den mittleren Komponenten des Cornuschen Quadruplets entsprechenden Perioden.

Auf Versuche, die Erklärung auf gewisse Annahmen über den Bau der leuchtenden Teilchen zurückzuführen, werde ich nicht eingehen. Jedenfalls liessen sich derartige Versuche leichter an die obigen Formeln als an die Gleichungen der Voigtschen Theorie anknüpfen.

Leiden, August 1899.

(Eingegangen 4. Septbr. 1899.)

1) Voigt, Wied. Ann. Bd. 68, S. 352.

Über eigentümliche spirale Sprungfiguren in Hühnereiweiss, welches auf einer festen Unterlage eingetrocknet ist.

Von L. Rhumbler in Göttingen.

Lässt man eine 1—4 mm hohe Schicht von Hühnereiweiss auf Glas, Porzellan oder sonst einer festen Unterlage bei nicht zu feuchtem Wetter eintrocknen, so zerspringt nach ca. 20—30 Stunden das Eiweiss zunächst in kleine polygonale Schollen von etwa 0,5—4 mm Durchmesser. Die Risskanten der Schollen haben dabei das Bestreben, sich mit ihren zusammentreffenden Enden senkrecht zu einander zu stellen (Fig. 1 u. 2). Ähnliche Risse lassen sich auch bei anderen eingetrockneten Kolloïden, z. B. eingetrocknetem Leim, Gummi arabicum, Kanadabalsam und dergl. nachweisen. Was aber die Eiweissschollen besonders auszeichnet, ist die Eigentümlichkeit, dass in jeder derselben meist an irgend beliebiger excentrischer Stelle, seltener im Centrum, eine Risslinie auftritt, die oftmals eine geradezu unglaublich exakt ausgeführte, bald rechts, bald links gewundene Spirale von 3—6 Umgängen und etwa 0,3—3 mm Umfang darstellt. In der Regel handelt es sich dabei um Archimedische Spiralen, doch kommen auch allerlei Abweichungen und Komplikationen vor, welche in Fig. 1 zur Abbildung gekommen sind und auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Das abgebildete Schollen-Ensemble ist ausnahmsweise unregelmässig kombiniert, es reicht an die Schönheit regelmässiger Sprungstücke nicht entfernt heran, hat aber den Vorteil, verschiedene Varietäten der Spiralen vorzuführen. (Fig. 1.)

Frei aufgehängtes Eiweiss lieferte ebensowenig wie auf Quecksilber aufgelagertes Spiralfiguren beim Eintrocknen; es zersprang bloss in Schollen. Ebenso entstanden bloss Schollen

ohne Spiralfiguren, wenn das Eiweiss auf dünnem Zeitungspapier eingetrocknet wurde; das Papier wurde zu unregelmässigen Faltungen zusammen-

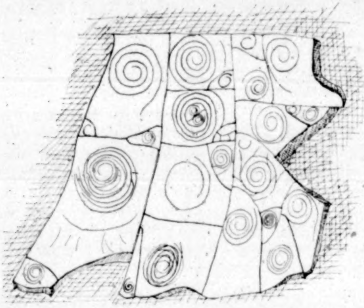

Fig. 1. Vergr.: 25/1.

gezerrt. Es ist offenbar, dass eine feste Unterlage zur Erzeugung der Spiralfiguren notwendig ist.

Ich habe nur einigemal die Entstehung der Spiralfiguren direkt beobachten können. Vor dem Auftreten der Spirale sieht man Newtonsche Farbenringe vom Schollenrande aus sich konzentrisch nach der Stelle zusammenziehen, wo später die Spirale erscheint. Beim Anhauchen weiten sich die Newtonschen Ringe auf diesem Stadium wieder aus und treten an den Schollenrand zurück, um dann beim Abtrocknen des Hauchwassers sich wieder zu kontrahieren. Offenbar hat sich der Rand der Scholle von der Unterlage abgelöst, und die Scholle haftet nur noch mit dem Teil, in welchem nunmehr die Spirale erscheint; sie kommt ruckweise in Strecken von etwa einem halben Umgang und zwar von aussen nach innen vordringend zum Vorschein. Im Innern bleibt stets eine Polscheibe übrig, die von der Spirale nicht zerlegt wird, sie misst etwa 0,1—0,3 mm und ist in der Regel um so kleiner, je mehr Umgänge die Spirale macht. Grosse Polplatten können sich in zwei Teile spalten, welche ihrerseits wieder in sich Spiralsprünge zur Ausbildung bringen können (Fig. 1, cf. 2. Scholle von oben in der mittleren Reihe), manchmal senken sich vom inneren Spiralende aus kurzgekrümmte Strahlenbüschel in die Polplatten hinein. Die unzerlegten Polplatten bleiben auch in der Folge auf dem Untergrunde haften. Auf dunkler Unterlage, z. B. auf der Gelatineseite eines photographischen Negativs aufgetrocknetes Eiweiss lässt die Polplatten schwarz durchscheinen, während der übrige Schollenteil mit der Spirale einen grauen Anflug aufweist; im grauen Gebiet ist offenbar Luft zwischen Eiweiss und Platte eingetreten. Das Centrum der Spirale, die Polplatte also, ist weich elastisch, die Schollenränder scheinen härter; ein seitlicher sachter Druck gegen den Schollenrand bringt die Scholle zu einer allerdings nur sehr geringfügigen Drehung um die Polplatte; die Scholle kehrt in ihre alte Lage zurück, wenn der seitliche Druck aufhört. Bei stärkerem Drucke springt die Scholle von ihrer Unterlage ab und hinterlässt dann eine äusserst feinlinige Spirale von hängengebliebenem Eiweiss auf der Glasplatte; ausser der Polplatte haftete demnach auch der Rand der Spirale auf der Unterlage fest.

Mengt man dem Eiweiss, bevor man es eintrocknen lässt, schon vorher erstarrte Eiweissstückchen bei, die man, um sie kenntlicher zu machen, mit Hämatoxylin gefärbt hat, so lassen sich die Spiralrisse von diesen durch die Färbung deutlich bleibenden Einlagerungen nicht im geringsten von ihrem normalen Verlaufe abdrängen; sie laufen durch diese dunkelgefärbten Eiweissstückchen gerade so hindurch, als ob diese von Anfang an zu dem eingetrockneten Eiweiss gehört hätten; auch gegen sonstige Einlagerungen verhielten sich die Spiralen erstaunlich tolerant, sie liessen sich durch die Kryställchen der verschiedenartigsten Lösungen, die vorher auf der Glasunterlage zur Ausfällung gebracht worden waren, ebensowenig stören, wie von Luftbläschen, die zufällig in dem Eiweiss enthalten waren, vorausgesetzt natürlich, dass diese Fremdgebilde an Grösse nicht die Ganghöhe der Spiralen überschritten.

Um so auffälliger war es mir, als ich einmal auf einer Glasscheibe, welche sich durch einen matt irisierenden, durch Reiben mit dem Handtuch nicht zu entfernenden Schein[1]) auf der Oberfläche auszeichnete, anfänglich überhaupt keine Spiralen, sondern wohl die Schollen mit den auf der Unterlage festgehefteten Polscheibchen, aber statt der Spiralen gerade, strahlenförmig nach der Polplatte hingerichtete Hohlraumsysteme erhielt (Fig. 2).

Für Biologen, die sich wie ich mit entwickelungsmechanischen Problemen befassen, ist die aus dem vorstehenden hervorgehende Thatsache interessant, dass schon durch offenbar relativ sehr einfache Spannungen auch in nicht lebenden, und nicht weiter durch Substanzdifferenzen komplizierten Stoffen Formgestalten von so hoher Vollendung erzeugt werden können, wie sie die Sprungspiralen in getrocknetem Eiweiss bei gutem Gelingen vorführen; und zweitens, dass, wie die Versuche auf der irisierenden Glasplatte zeigen, unter Umständen gewisse, augenscheinlich sehr geringe

1) Herkunft und Ursache des Irisierens konnte nicht ermittelt werden.

Veränderungen ausreichen, den Erfolg der Spannungen zu verändern; während er sich anderen Störungen gegenüber als sehr widerstandsfähig erweisen kann.

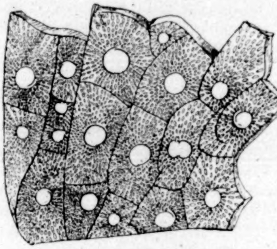

Fig. 2. Vergr. 25/1.

In der Litteratur fand ich nur bei Bütschli[1]) folgende Mitteilung: „In filtriertem, mit einer ca. 2% Stärkelösung versetztem Hühnereiweiss (doch kann die Stärke auch wegbleiben) liess sich in den Schollen, welche nach der Eintrocknung entstanden waren, ein dichtes System konzentrierter Sprünge, teils ganz völlige Kreise, teils unvollständige wahrnehmen; zuweilen schienen die Sprünge sogar etwas spiralartig". Bütschli scheint demnach in seiner Lösung vollausgebildete Spiralen überhaupt nicht erhalten zu haben, während ich in unverdünntem Eiweiss keine konzentrischen Ringe, sondern stets unzweifelhafte Spiralen erhielt.

Zweifellos entstehen die Sprungspiralen durch die Kontraktion des austrocknenden Eiweisses, die an der Festheftungsstelle der Polplatte auf der Unterlage einen festen Stützpunkt erhält. „Aber wie?" das ist eine Frage, um deren Beantwortung ich Physiker vom Fach hiermit bitten möchte. Es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass die Mikrostruktur des Eiweisses beim Zustandekommen der Spiralen eine Rolle spielen wird; die Mikrostruktur ist nach Bütschli eine „wabige"; das verdunstende Wasser ist innerhalb des Eiweisses in kleinen (unter 1 μ im Durchmesser grossen) Tröpfchen enthalten, welche von dem festeren Eiweiss wie von Schaumwänden umschlossen werden.

Göttingen, 1. September 1899.

(Eingegangen 2. Septbr. 1899.)

1) Bütschli, O., Untersuchungen über Strukturen, insbesondere über Strukturen nichtzelliger Erzeugnisse des Organismus. Leipzig 1898; dazu ein Atlas mit Mikrophotographien.

Nachtrag zu meinem Aufsatz „Über Radium und Polonium".

Von F. Giesel.[1])

Becquerelstrahlen sind auch dem Auge direkt sichtbar. Bringt man ein starkes Radiumpräparat dicht an das Auge, so empfindet man einen sehr deutlichen Lichtschein, der natürlich auch noch empfunden wird, wenn man die Augenlider schliesst. Diese Lichtempfindung beruht wahrscheinlich auf Phosphorescenzerscheinungen im Auge selbst.

(Eingegangen 7. Septbr. 1899.)

1) Vgl. Physik. Ztschr. I, 1, p. 16.

VORTRÄGE ETC.

Physikalische Analyse und künstliche Nachahmung des Chemotropismus amoeboider Zellen.[1])

Von L. Rhumbler in Göttingen.

Als „Chemotropismus" bezeichnet man die Eigentümlichkeit vieler in einem flüssigen Medium (meist Wasser) freilebender Zellen, die Richtung ihrer Bewegung entweder in anziehendem oder abstossendem Sinne von gewissen in das Medium hineingebrachten löslichen Substanzen gesetzmässig beeinflussen zu lassen. Von positivem Chemotropismus redet man dann, wenn sich die Zellen auf die gelöste Substanz, die als Chemotropikum bezeichnet wird, hinbewegen, von negativem Chemotropismus dann, wenn die Zellen von der Stelle, an welchen das Chemotropikum eingeführt worden ist, abwandern. Der Chemotropismus wurde zuerst von Pfeffer an den Samenfäden der Farne entdeckt, er ist dann aber auch bei anderen freien Zellen und so auch bei amoeboiden Zellen[2]) als eine

1) Vortrag, gehalten in der Sitzung des „naturwissenschaftlich-medizinischen Abend" zu Göttingen, März 1899.

2) Als amoeboide Zellen bezeichnet man bekanntlich solche Zellen, die nackt, ohne Zellmembran, ein einfaches Protoplasmaklümpchen mit Kern darstellend, sich unter fliessender Strömung des Protoplasmas fortbewegen, und dabei ihre Form verändern, indem Fortsätze (= Pseudopodien) aus dem Zellleib hervorströmen und wieder eingezogen werden.

weit verbreitete Erscheinung nachgewiesen worden. Wir gehen nur auf den Chemotropismus der amoeboiden Zellen hier näher ein, weil er die einfachsten Verhältnisse darbietet und deshalb einer physikalisch mechanischen Erklärung am zugänglichsten ist; dass sich der Chemotropismus anderer Zellen dann von dem der amoeboiden Zellen, wie Verworn und J. Loeb schon gezeigt haben, ableiten lässt, mag hier nur bemerkt werden.

Bei Aufsuchung der Nahrung spielt der Chemotropismus unter den einzelligen Organismen eine wichtige Rolle. Besonderes Interesse verdient, dass Leber, Massart, Metschnikoff, Buchner und andere auch an den Leukocyten, d. i. den weissen Blutkörperchen der Wirbeltiere, chemotropische Eigenschaften festgestellt haben. Diese gleichfalls amoeboiden Zellen häufen sich nämlich durch Chemotropismus angezogen an denjenigen Stellen des Körpers in Scharen an, wo Bakterien ihre schädlichen, chemotropisch wirksamen Stoffwechselprodukte, Toxine, abgeschieden haben. Metschnikoff hat festgestellt, dass die zugewanderten Leukocyten in gewissen Fällen die Bakterien fressen und dadurch in den weiteren Verlauf der Infektion thätig eingreifen. Ist die Infektion nicht zu stark, so können die Leukocyten die Wirkung der Infektion sistieren.

Füllt man ein kurzes Kapillarröhrchen mit einer Kultur des eitererregenden Staphylococcus pyogenes albus und legt man es, nachdem es am einen Ende zugeschmolzen worden ist, in die Bauchhöhle oder unter die Haut eines Kaninchens, so findet man nach 10—12 Stunden, wie Massart gezeigt hat, dass ein dichter Schwarm von Leukocyten in das Kapillarröhrchen eingedrungen ist und wie ein dicker weisser Pfropf die Mündung des Röhrchens verschliesst. Ein gleiches Kapillarröhrchen, welches Kulturflüssigkeit, aber keine Staphylokokken enthält, bringt diesen Effekt nicht hervor, ebensowenig wie ein mit destilliertem Wasser gefülltes Röhrchen; dagegen erhält man genau dieselbe Einwanderung, wenn man eine sterilisierte, von den Bakterienleibern des Staphylococcus vollständig befreite Kulturflüssigkeit zum Versuch verwendet, in der sich also die gelösten Stoffwechselprodukte des Eiterbacillus befinden.

Es steht hiernach fest, dass nicht die Staphylokokken an sich, noch das Substrat, in dem sie gezüchtet sind, noch die Kapillarröhre, sondern ausschliesslich die Abscheidungsprodukte der Bakterien die Einwanderung der Leukocyten in die Kapillarröhre veranlassen. Ähnliche Resultate hat man auch bereits mit einer Reihe anderer pathogener Bakterien erzielt, und es steht unbedingt zu erwarten, dass die Pathologie auf dem Gebiete des Chemotropismus noch manche Aufklärung für den Verlauf der Infektionskrankheiten finden wird. Im übrigen erweisen sich nicht bloss die Abscheidungsprodukte von Bakterien den weissen Blutkörperchen gegenüber als chemotropisch wirksam, auch eine ganze Reihe von anderen Stoffen, mit denen die Leukocyten normalerweise nie zusammenkommen, z. B. aus Weizen- und Erbsen- mehlbrei austretende Substanzen, haben die gleiche Eigenschaft; die beispielsweise genannten Substanzen sogar in hohem Grade. Bei anderen einzelligen Organismen hat man sogar beobachtet, dass auch Gifte chemotropisch anziehend wirken können, wie salicylsaures Natron, salpetersaures Strychnin oder Morphium, in denen die Organismen absterben, sobald sie nach ihnen hingewandert sind; es liegt hier offenbar ein mechanischer Wanderungszwang, nicht das Produkt irgendwelchen Willens vor.

Man hat bekanntlich versucht, die amoeboiden Zellbewegungen einer rein physikalischen Erklärung zu unterwerfen, und es entsteht die Frage, ob auch die einseitigen Richtungsbewegungen des Chemotropismus sich einer physikalischen Erklärung unterordnen lassen.

Die physikalischen Erklärungen der Amoebenbewegung gehen von der Erkenntnis aus, dass die fliessenden Strömungen im Innern des Protoplasmas und bei der Pseudopodienbildung einer amoeboiden Zelle auf einen flüssigen Zustand des Protoplasmas hinweisen. Ist das Protoplasma aber eine Flüssigkeit, so fallen seine Leistungen unter die Gesetze der Hydromechanik. Die Oberfläche der Amoebe oder des Leukocyten, aus welcher die Pseudopodien als fliessende Fortsätze hervorbrechen, muss wie die Oberfläche jedes anderen in einem flüssigen Medium ruhenden Flüssigkeitstropfens eine gewisse Oberflächenspannung besitzen.

Ein mit seinem umgebenden Medium nicht mischbarer Flüssigkeitstropfen strebt unter dem Einfluss der Oberflächenspannung nach Kugelform; die amoeboiden Zellen zeigen die Kugelform nur in der Ruhelage, während der Bewegungen wird die Kugelform verlassen und die Oberfläche nimmt dann sehr variabele, auch bei den einzelnen Arten sehr verschiedene Formen an. Es fragt sich daher zunächst, wie ein kugeliger Tropfen veranlasst werden kann, seine kugelige Form aufzugeben und unter Oberflächenvergrösserung Fortsätze aus sich hervortreten zu lassen. Das kann bekanntlich nach den Untersuchungen von Gad, dann vornehmlich von Quincke, von O. Lehmann und von Bütschli, Roux und Verworn dadurch geschehen, dass man an einer gewissen Stelle der Tropfenoberfläche die Oberflächenspannung herabmindert. Eine solche lokal beschränkte Herabminderung der Oberflächenspannung muss selbstredend ein Vorfliessen der Oberflächenstelle bewirken, an welcher die Herabminderung stattfand, denn

die Innenmasse des Tropfens steht unter dem Druck der Oberfläche, sie muss da hervorquellen, wo der Druck der Oberfläche aus irgend welchem Grunde schwächer geworden ist. Eine lokale Oberflächenspannungserniedrigung lässt sich sowohl vom äusseren Medium aus erzielen, indem man die die Oberflächenspannung herabmindernden Substanzen auf einem beschränkten Gebiet zur Tropfenoberfläche herantreten lässt, oder sie kann auch dadurch eintreten, dass Substanzen aus dem Tropfen selbst auf dessen Oberfläche steigen, und hier die Oberflächenspannung lokal herabmindern, z. B. wenn die aufgestiegenen Substanzen eine grössere Adhäsion zum umgebenden Medium besitzen als die Tropfenmasse. Bringt man an einen Öltropfen, der in Alkoholmischung equilibriert ist, vermittelst eines Kapillarröhrchens eine schwache Sodalösung heran, so beugt sich die Oberfläche des Öltropfens gegen die Sodalösung vor, an der gegenseitigen Berührungsfläche von Öl und Sodalösung tritt Verseifung des Öls ein, und die verseifte Oberflächenstelle hat geringere Oberflächenspannung als die nicht verseifte Öloberfläche; andererseits hat Bütschli in Wasser oder verdünntem Glycerin liegende kleine Tröpfchen einer Ölseifenemulsion sechs Tage lang amoebenartige Bewegungen ausführen sehen, die dadurch erklärt werden mussten, dass kleine Seifentröpfchen zur Öloberfläche des Emulsionstropfens emporstiegen und an der Aufsteigstelle unter Ausbreitung der Seife die Oberflächenspannung herabminderten. Bei diesen Versuchen ist von besonderem Interesse, dass nicht nur die äusseren Formveränderungen der Tropfen denen von amoeboiden Zellen ausserordentlich gleichen, sondern dass auch die Strömungen, die hier wie dort in den Amoeben sowohl als in den Tropfen, während der Formveränderung im Innern entstehen, in Anordnung und Verlauf genau übereinstimmen. Die Heranziehung der Oberflächenkräfte zur Erklärung der Bewegungserscheinungen hat meiner Ansicht nach aber noch dadurch eine grössere Berechtigung gewonnen, dass es möglich war, nicht nur die Bewegungserscheinungen selbst, sondern auch die Nahrungsaufnahme der Amoeben, die dadurch stattfindet, dass die Amoebe den Nahrungskörper umfliesst oder dass der Nahrungskörper selbst bei Berührung mit der Amoebenoberfläche in das Amoeben-Innere einrückt, und ferner auch die Defäkation, und schliesslich sogar besondere Gehäusebildungen, welche bei einzelnen freilebenden Amoeben zur Beobachtung kommen, auf Grund derselben Oberflächenkräfte in einfachster Weise zu erklären und die genannten Erscheinungen mit frappanter Treue vermittelst künstlicher Tropfen zu kopieren (cf. meinen diesbezüglichen Aufsatz im Archiv für Entwickelungsmechanik Bd. VII, 1898, S. 103—350, 100 Textfig. und photogr. Taf. VI u. VII).

Wenn sich, wie hervorgehoben, durch einseitige Wirkung gewisser Reagentien Tropfen zum Vorrecken nach der Seite der Reagenz bringen lassen, so wird man vermuten dürfen, dass bei dem Chemotropismus ähnliche Geschehnisse eintreten.

Ich operierte mit kleinen Ricinusöltröpfchen, die ich aus einer Kapillarpipette unter Hin- und Herbewegen der Pipette in 80proz. Alkohol hineinschleuderte. Der Alkohol war als äusseres Medium deshalb nötig, um durch sein geringeres spezifisches Gewicht den Tropfen das Untersinken auf die untere Wand des Glasgefässes zu ermöglichen, auf welcher sie die zu ihrer Bewegung notwendige Reibung finden sollten. Als Chemotropika mussten nunmehr bei dem Nachahmungsversuch solche Substanzen zur Verwendung kommen, die bei Berührung mit den Öloberflächen die Oberflächenspannung derselben direkt oder indirekt (d. h. durch Erzeugung von neuen Substanzen von geringerer Spannung) herabminderten. Ich verwendete Nelkenöl, Chloroform oder 5 proz. Kalilauge mit ziemlich gleichem Erfolg. Diese Substanzen wurden in Kapillarröhrchen eingeschlossen, die an ihrem hinteren Ende zugeschmolzen waren, es wurde also ganz wie bei dem oben genannten Leukocytenversuch d. h. nach dem bei chemotropischen Untersuchungen überhaupt üblichen, von W. Pfeffer herstammenden Verfahren vorgegangen.

Wie erwartet werden musste, bewegten sich thatsächlich die kleinen Ricinusöltröpfchen auf die Kapillarröhren zu und traten in dieselben mehr oder weniger weit hinein; auch der Chemotropismus amoeboider Zellen ist also physikalisch auf Grund der Oberflächenspannungsgesetze erklärbar und lässt sich mit Hilfe unorganisierter Flüssigkeiten nachahmen. Über die Grössenverhältnisse mögen folgende Angaben Auskunft geben. Die Mündungsweite der Kapillarröhre betrug in der Regel etwa 0,2—0,3 mm. Die Ricinusöltröpfchen hatten einen Durchmesser von 0,06—0,09 mm, die gemessenen Entfernungen auf welche die Tröpfchen wirkten, betrugen 0,5—0,7 mm; grössere Entfernungen, die meiner Überzeugung nach vorkamen, konnten leider nicht gemessen werden, weil sie nicht unter das Gesichtsfeld des Mikroskops gebracht werden konnten.

Vor dem Anwandern zur Röhre und während desselben machten sich in den Ricinusöltröpfchen, die vorher mit Russ vermengt worden waren, nach der Kapillarröhre hingewendete Fontänenströmungen durch die im Innern bewegten Russteilchen deutlich bemerkbar, gerade wie bei einer Amoebe, die sich in geradläufige Vorwärts-

bewegung versetzt.[1]) Die Strömungen innerhalb des Alkohols und in dem Chemotaktikum wurden dadurch unter Kontrolle gehalten, dass dem Alkohol minutiös fein verriebenes Karmin, dem Chemotaktikum aber ebenso fein verriebener Indigo zugesetzt worden war. Die Alkoholschicht muss in dem Beobachtungsgefäss[2]) mindestens 5—8 mm hoch stehen, je nach dem Durchmesser des Gefässes, weil sonst die Verdunstungsströmungen der Oberfläche bis auf den Grund hinabreichen, und dort die selbstthätige Bewegung der Öltröpfchen stören. Verwendet man als Chemotropikum Nelkenöl, welches viel schwerer als Alkohol ist, so wird recht klar, was im übrigen auch sonst die anderen wechselnden Bewegungsrichtungen der in den genannten Flüssigkeiten aufgeschwemmten Farbstoffteilchen beweisen, dass die Bewegungen der Öltröpfchen keine passiven, durch die Ströme im Alkohol verursachten sind, denn das schwere Nelkenöl sinkt bei seiner Verbreitung im Alkohol zu Boden und strömt hier den anwandernden Tröpfchen entgegen, wie man deutlich sehen kann; die Tröpfchen haben wider diesen Gegenstrom anzukämpfen, aber sie besiegen ihn mit Leichtigkeit. Im Anfang ist ihre Bewegung sehr langsam, sie wird immer schneller, bis sie dann schliesslich sehr rasch in die Röhre hineintreten; ihre kugelige Form verlassen die wandernden Tröpfchen dabei kaum; die Spannungsdifferenz in der Oberfläche, welche das Einwandern veranlasst, kann wohl demnach nicht sehr gross sein, sie giebt nicht zu namhaften Deformationen des Tropfens Anlass.

Die Erklärung der geschilderten Erscheinung dürfte sehr einfach liegen. Das Chemotaktikum bewirkt eine Herabminderung der Oberflächenspannung auf der der Kapillarröhre also dem Chemotaktikum zugewendeten Seite; die übrige Öloberfläche drückt daher die gesamte Ölmasse nach der Seite des Chemotropikums hin; je weiter die Ölmasse gegen das Chemotaktikum vorgedrückt wird, in desto nelkenölreichere Gebiete gerät der vorgedrückte Oberflächenteil und desto stärker wird natürlich die Spannungserniedrigung. Da nun hierbei am Vorderende immer neue Ölmasse aus dem Inneren des Tropfens auf die Oberfläche gepresst werden muss (während andererseits am entgegengesetzten, also bei der Bewegung hinteren Ende des Tropfens, Ölmasse von der Oberfläche des Tropfens in das Innere desselben zurücktritt, wie man deutlich sieht, und wie es ganz den Strömungen bei Amoeben entspricht) so hört die Spannungserniedrigung und damit das Wandern der Tropfen so lange nicht auf, als noch in dem Alkohol eine Konzentrationssteigerung des Chemotropikums nach der Kapillarröhre hin vorhanden ist. Wenn sich das Nelkenöl später gleichmässig im Alkohol verteilt hat, findet natürlich keine Einwanderung in die Röhre mehr statt, sonst aber kommt sie erst dann zu Ende, wenn die Ricinuströpfchen im Nelkenöl selbst innerhalb der Kapillarröhre angekommen sind, denn dann wird ihre Oberfläche von allen Seiten in gleicher Weise beeinflusst.[1]) Was man bei dem Chemotropismus der amoeboiden Zellen schon längere Zeit als Gesetz erkannt hat, gilt auch hier: das Chemotropikum ist nur dann wirksam, wenn es in einem Konzentrationsgefälle an die Oberfläche des Tropfens anschlägt.

Hätte man eine Substanz als Chemotropikum in die Röhre eingeschlossen, welche beim Auftreffen auf die Tropfenoberfläche, die Oberflächenspannung des Tropfens nicht verringerte, sondern vermehrte, so wäre ohne Zweifel der Tropfen abgewandert und man hätte eine Kopie des negativen Chemotropismus erhalten.

Die künstlichen Nachahmungen involvieren natürlich von der mechanischen Koordination aus keinerlei Schlüsse für die chemischen Vorgänge, welche sich innerhalb der lebenden Zelle abspielen, sie zeigen nur, dass bei ständiger einseitiger Herabminderung der Oberflächenspannung der amoeboiden Zelle durch das Chemotropikum, nicht nur das Hinwandern der Zellen, sondern auch die dabei im Zellinnern entstehenden Strömungen mechanisch erklärt werden. Bei den lebenden Zellen kann schon ein ausserordentlich erstaunlich geringer Konzentrationsgrad des Chemotropikums wirken; so werden z. B. Farnsamenfäden schon von einer 0,001 proz. Apfelsäure angezogen. Das lässt darauf schliessen, dass das Chemotaktikum die zur Erniedrigung der Oberflächenspannung notwendige Umwandlung bei lebenden Zellen nicht in vollem Umfange allein bewirkt, sondern dass es bloss den Anstoss zu den geeigneten, die Oberflächenspannung erniedrigenden Umsetzungen giebt. Dass ein Organismus auf einen äusseren Einfluss nur dann reagieren kann, wenn dieser Einfluss irgendwelche Umänderungen in dem Organismus hervorbringt, ist klar; sonst könnte man ja überhaupt nicht von Einfluss reden. Die Reaktionsfähigkeit von chemisch komplizierten Substanzen wird um so grösser sein, je labiler, je geneigter zu Umsetzungen die zur Komplikation zusammenge-

1) Die Russteilchen legten sich im Verlaufe des Versuchs am Hinterende des Tropfens zu einer dichten Russdecke zusammen.

2) Als Beobachtungsgefäss wurde ein auf sein Dach gestürzter Glasdosendeckel mit ca. 1 cm hohem Rand benutzt um den Boden auszuebnen, wurde eine plane Glasscheibe eingelegt. Luftbläschen, welche bei der Einfüllung des Alkoholes zwischen dem Planglase und dem Deckel in der Regel eingeschlossen wurden, dienten als Libelle, damit nicht Neigung des Bodens den Weg der Tröpfchen beeinflusste.

1) Im Nelkenöl angekommen, lösen sich die Ricinusöltröpfchen schliesslich auf; ebenso in Chloroform, in 5 proz. KHO aber nicht.

tretenen Einzelsubstanzen sind. Die lebenden organischen Substanzen enthalten zweifellos zahlreiche, sehr labil gebaute Stoffe und unterscheiden sich hierdurch sehr wesentlich von den zu den künstlichen Nachahmungen verwendeten Stoffgemengen. Bei den organischen Substanzen müssen chemisch-physikalische Umänderungen der Oberflächensubstanzen also viel leichter mit viel geringeren Eingriffen erreichbar sein als bei den Nachahmungssubstanzen. Was die letzteren bei unseren Versuchen fertig brachten, dazu müssen notwendig die lebenden Zellen noch in höherem Grade befähigt sein.

(Eingegangen 2. Septbr. 1899.)

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

J. Klemenčič (Innsbruck), Ein Versuch über das Mitschwingen, nach Boltzmann.

Auf der Stange eines physischen Pendels ist nahe an der Umdrehungsache ein Stift horizontal und senkrecht zur Schwingungsebene befestigt. Das physische Pendel habe die Schwingungszahl 1. Werden an diesem Stifte verschiedene einfache Pendel von den Schwingungszahlen 1, 2, 3 u. s. w. angehängt, so wird durch die Schwingungen des physischen Pendels nur das einfache Pendel mit der Schwingungszahl 1 zum Mitschwingen gebracht. Jedes andere Pendel, mag es welche Länge immer haben, bleibt ruhig. Lässt man jedoch den Stift ein um eine eigene Achse drehbares Dreieck antreiben, dann haben die Punkte des Dreiecks eine periodische Bewegung, die aber keine einfache Pendelschwingung ist. Hängt man jetzt unsere einfachen Pendel an einen Punkt des Dreiecks, so werden neben dem längsten Pendel (Grundton) noch andere (Obertöne) zum Mitschwingen angeregt. Bei symmetrischem Antriebe des Dreiecks geht z. B. neben dem längsten Pendel noch das Pendel mit der dreifachen Schwingungszahl ($^1/_9$ Länge des Grundtones) mit, während das einfache Pendel mit der Schwingungszahl 2 ruhig bleibt. Bei asymmetrischem Antriebe können sogar alle drei Pendel zum Mitschwingen gebracht werden.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Keine Discussion.)

E. Englisch (Stuttgart), Über den zeitlichen Verlauf der durch das Licht verursachten chemischen Veränderungen der Bromsilbergelatine.

Der Vortrag bildet eine Ergänzung zu einer früheren Untersuchung des Vortragenden, die die Richtigkeit der Angaben Abneys über die geringere Wirksamkeit intermittierender Belichtungen gegenüber gleichlangen ununterbrochenen Expositionen ergeben hatte. (Verh. Ges. d. Naturf. u. Ärzte, Düsseldorf, 1898. II. 1. 171, 1899; Archiv wiss. Phot. I. 117, 1899). Die geringere Wirkung war auf einen Energieverlust durch Induktion und einen solchen durch „Abklingen" zurückgeführt worden. Die neueren Versuche sollten näheres über das Verhältnis beider Faktoren ermitteln; die Versuchsanordnung ist bereits beschrieben (Archiv l. c.), nur wurde diesmal eine Scheinerlampe mit Amylacetatfüllung als Lichtquelle benutzt, deren Helligkeitsbestimmung noch aussteht.

Es ergaben sich folgende Sätze:

Die Kurve, welche den Abklingungsverlust a als Funktion der Nichtbelichtungszeit τ darstellt, verläuft bis $t = 0{,}08$ konvex gegen die Zeitaxe; $\frac{da}{d\tau}$ ist keine Konstante, sondern wächst mit τ. Jedoch deuten die Abklingungsverluste bei längeren Pausen darauf hin, dass etwa zwischen 0,1 und 0,2 Sek. ein Wendepunkt der Kurve $a = f(\tau)$ eintritt.

Der Induktionsverlust i ist um so grösser, je grösser der Abklingungsverlust war, jedoch diesem keineswegs proportional. Für sehr kurze Pausen wird $i = a$; von $\tau = 0{,}001$ an ist aber i stets kleiner als a und nähert sich endlich einem Grenzwert. Zur Erklärung dieses auffälligen und unerwarteten Verhaltens müssen sekundäre Vorgänge in der lichtempfindlichen Schicht angenommen werden.

Zahlen, gültig für Schäuffelensches Universal-Bromsilberpapier, bei 1 m Abstand der vorerwähnten Lampe in Sekunden-Meter-Kerzen dieser Lichtquelle:

Pause τ Sek.	Abklingungsverlust a	Induktionsverlust i
0,03	10^{-4}. 2,5	10^{-4}. 2
0,05	5,8	4
0,08	11	8
0,10	15	10
0,20	21	13
0,40	26	16

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Keine Discussion.)

J. Precht (Heidelberg), Die chemische Wirkung der Röntgenstrahlen.

Für das Leuchten der Fluorescenzschirme ist durch Röntgen selbst die Abnahme der Strahlung mit dem Quadrat der Enfernung erwiesen worden. Es wurde trotz der vielen entgegenstehenden Schwierigkeiten unternommen, das Gesetz der Abnahme der photographischen Wirkung aufzusuchen. Die erste Bedingung der Versuche, eine konstante Strahlungsquelle, liess sich durch eine Röhre mit automatischer Vakuumregulierung von 3 cm Elektrodenspannung im Nebenschluss bei Betrieb durch eine 20-plattige Töplermaschine von konstanter Tourenzahl dann erreichen, wenn von der mit der Zeit variabeln Strahlung der Röhre nur eine erfahrungsgemäss konstante Periode von etwa 10 Minuten Dauer benutzt wurde. Während dieser durch bestimmte Merkmale erkennbaren Periode kamen sehr selten Schwankungen der Intensität von mehr als 8% vor. Es sind photographische Aufnahmen in 20, 40 und 60 cm Abstand des Mittelpunkts der Antikathode von der empfindlichen Schicht gemacht worden, die also im Falle der Gültigkeit der Abnahme mit dem Quadrat der Entfernung Intensitäten von 1, $^1/_4$ und $^1/_9$ entsprechen. Die Expositionszeiten sind so abgegrenzt, dass die Produkte $i.t$ für alle drei Abstände gleich waren und der Grösse nach zwischen 1 und 100 der gewählten Einheiten variierten. Die nicht bestrahlten Teile der mässig empfindlichen photographischen Platten (12 Scheiner) waren durch 4,5 cm dicke Metallmassen vor jeder Einwirkung geschützt; von der Gesamtstrahlung wurde ein centraler Teil von sehr kleiner Winkelöffnung herausgeblendet. Die technisch-photographische Behandlung ist mit Beobachtung derjenigen Vorsichtsmassregeln vorgenommen, die bei der Verwertung der erhaltenen Silberniederschläge für exakte Messungen notwendig sind und vom Vortragenden an anderer Stelle[1]) ausführlich dargelegt wurden. Die Dichtigkeiten der Silberniederschläge sind in einem Mikrophotometer unter Benutzung des Lummer-Brodhunschen Prismenkörpers gemessen worden. Es ergab sich, dass in der That gleichen Produkten aus Intensität und Expositionszeit gleiche Schwärzungen entsprechen und zwar mit grösserer Übereinstimmung der Resultate, als erwartet werden konnte. Nur bei 60 cm Abstand zeigen sich geringe systematische Abweichungen im Sinne einer kleineren Wirkung, die wahrscheinlich auf den beträchtlicheren Einfluss der Absorption der Strahlen in der Luft zurückzuführen ist.

Kann einerseits aus diesen Resultaten gefolgert werden, dass die chemische Wirkung der Strahlen in den angegebenen Grenzen sehr nahezu mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, so ist doch andererseits bei konstanter Intensität die chemische Wirkung durchaus nicht der Zeit proportional. Man hat wohl zu unterscheiden zwischen dem, was eine Eigenschaft der Strahlen ist, und dem, was das Verhalten der Bromsilbergelatine in den Strahlen charakterisiert. In letzterer Beziehung ergiebt sich, dass die chemische Wirkung schnell bis zu einem Maximum fortschreitet und sich dann im Laufe sehr langer Zeiten nur noch ganz unbedeutend ändert. Für die Theorie der radiolytischen Umwandlung scheint hieraus mit Notwendigkeit zu folgen, dass es sich nicht um eine direkte chemische Veränderung des Bromsilbers handeln kann.

Die ausführliche Mitteilung der Resultate erfolgt im „Archiv f. wiss. Phot.“.

1) Archiv f. wiss. Phot. I, pag. 11, 57, 149. 1899.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Keine Discussion.)

Briefkasten.

Auf Frage 1) p. 35 ist folgende Antwort eingegangen:

Man giesst auf das Gitter etwas Ammoniak und wischt denselben parallel den Furchen mit einem möglichst weichen Leinwandlappen wieder ab. Ich habe so schon zahlreiche Gitter gereinigt; eins, welches seit 10 Jahren in meinem Besitze ist, wohl schon 5 Male. Prof. Dr. Kayser (Bonn).

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.